

JP07250819 A(1997.03) 04355359 JP04355359 JP (1992.12.12) 優先;US 91 810049 19911219

GENERAL ELECTRIC CO. &#0060;GE&#0062;

A61B005055; G01R0333873

**PASSIVELY SHIMMED SIDE ACCESSING
IMAGE FORMATION MAGNET**

Abstract: **PURPOSE:** To make assembling and repairing of an image forming magnet easier to improve the form and unevenness of the magnetic field by providing the magnet with a main magnetic field, a low temperature tank having two troids with first and second sides, and a plurality of passive shims above each side of troids. **CONSTITUTION:** An MRI magnet 2 applied by passive shims includes an ordinary side approaching low temperature tank 4. The low temperature tank 4 has a superconducting coils 6, 8, 10, a main magnetic field 5, a set of outer passive shim placed 12, a set of inner passive shim place 14, and an image volume 16. Shim places 12, 14 shows places on which passive shims 13, 15 can be respectively placed on the low temperature tank 4. That is, by adding a place (outer passive shim 13) on the low temperature outer diameter to a place (inner passive shim 15) in the hoe. The direction the magnetic field generated by the outer shim 13 is magnetized into a direction opposite to the direction of the magnetic field along the direction of the arrow mark, and magnetized into the opposite direction of the direction of the magnetic field generated by the inner shim 15. That is, a set of shim places with negative strength is obtained.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-250819

(43) 公開日 平成7年(1995)10月3日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 6 1 B 5/055

G 0 1 R 33/3873

8825-4C

A 6 1 B 5/ 05

3 3 2

G 0 1 N 24/ 06

5 2 0 E

審査請求 有 請求項の数9 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平4-355359

(22) 出願日 平成4年(1992)12月21日

(31) 優先権主張番号 8 1 0, 0 4 9

(32) 優先日 1991年12月19日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ

GENERAL ELECTRIC CO
MPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタディ、リバーロード、1番

(72) 発明者 マーク・アーネスト・ヴァーミリア

アメリカ合衆国 12309 ニューヨーク

州・ニスケイナ・チューリップ トリー
レーン・2

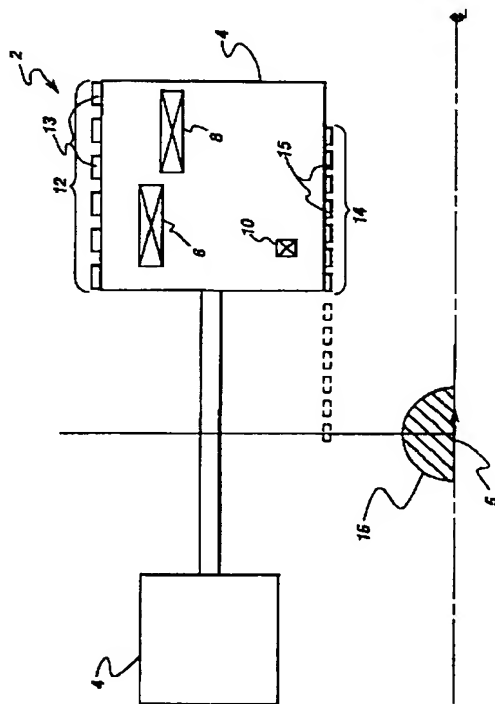
(74) 代理人 弁理士 生沼 徳二 (外1名)

(54) 【発明の名称】 受動的にシムを施された側方接近画像形成磁石

(57) 【要約】

【目的】 側方接近MR (MRT) 磁石用の受動シムを得ることである。

【構成】 この種のそのような構造は、一般に、従来の受動シムセットよりも多くの磁界の形を生ずる。これにより磁石の潜在的な調整可能性を高め、受動シムセットが均一性仕様内の広い範囲の可能な磁界を生じさせるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主磁界コイルと、

互いに所定距離だけ離れて配置され、第1の側方と第2の側方をおのおのが有する少なくとも2つのトロイドを有する低温槽と、

各前記トロイドの第1の側方と第2の側方の上にはほぼ配置される複数の受動シム場所と、を備える受動的にシムを施された側方接近画像形成磁石。

【請求項2】 請求項1記載の磁石において、前記トロイドの前記第1の側方は、低温槽孔、を更に備える磁石。

【請求項3】 請求項1記載の磁石において、前記複数の受動シム場所は、所定数の前記シム場所に配置される内部シム、を更に備える磁石。

【請求項4】 請求項1記載の磁石において、前記複数の受動シム場所は、所定数の前記シム場所に配置される外部シム、を更に備える磁石。

【請求項5】 請求項3記載の磁石において、前記内部シムは各前記トロイドの前記第1の側方の上に滑ることができるようにして配置される磁石。

【請求項6】 請求項4記載の磁石において、前記外部シムは各前記トロイドの前記第2の側方へ固着される磁石。

【請求項7】 請求項1記載の磁石において、前記磁石は、磁界の形が前記受動シム場所の間で変化するような磁界の形、で更に構成される磁石。

【請求項8】 請求項3記載の磁石において、前記内部シムは第1の軸線方向に磁化される磁石。

【請求項9】 請求項4記載の磁石において、前記外部シムは第2の軸線方向に磁化される磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は側方接近磁気共鳴MR磁石のための受動シムに関するものである。この種のそのような構造は、一般に従来の受動シムセットより大きい磁界の形を発生する。このことは磁石の潜在的な調整可能性を増大し、受動シムセットは一樣な仕様の磁界のより広い分布をもたらす。

【0002】

【従来の技術】典型的には人体の体積にわたって数ppmのオーダーの厳しい磁界の一樣性要求を満たすために、従来のMR磁石は磁界を修正する何らかの方法を必要とする。これは適切なMR画像を発生するために必要である。それらの方法は、電磁コイルによる能動シム、および戦略的に置かれたある種の強磁性物質片による受動シム、の2つのモードに基本的に限定される。能動シムは超電導性または抵抗性のいずれかにできる。

【0003】従来、MR磁石は液体ヘリウム中で動作するニオブニウム=チタニウム超電導体を用いて製造されていた。そのような磁石技術は超電導修正コイルでシムするのに理想的に適している。というのは、それらを液体ヘリウム・デュワーの中に置いて、永久的なモードで動作させられるからである。この技術では磁石を1回シムすると長期間調整なしに放置できる。冷却されている磁石の場合には、超電導修正コイルを使用することには問題がある。というのは、ニオブニウム=スズ超電導体において確実な持続電流動作を行わせる技術はまだ完全には実用化されていないからである。修正コイル電流が時間的にドリフトしたとすると、磁界が一樣でなくなり、そのために仕様から外れる。抵抗性修正コイルも選択できるが、常に接続される多くの(18台まで)電源と、抵抗熱を除去するために水冷を必要とするから、これはあまり好ましくない。

【0004】受動シム法は、超電導修正コイルまたは抵抗性修正コイルより少ない部品、低いコスト、およびシムを行う時間の増大が潜在的に非常に小さくて実施できる。ある種の内部シム技術が、本願出願へ譲渡された、「MR磁石用受動シム組立体(Passive Shimming Assembly for MR Magnet)」という名称の米国特許第4,698,611号('611特許)に記載されている。その技術はいくつかの磁石設計で証明されているが、全長円筒孔を有する磁石のみである。上記'611特許においては、磁石孔の全長に沿って円筒からカットされた弧状ガラス繊維パネルであって、シム・パケットを取付けられるいくつかの引出しを、シム付着操作がくり返し行われるにつれて、シムの再配置のために磁石孔から引出すことができる。それらのシムは軸線方向の長さが一定で(典型的には約2.5cm(約1インチ))、円周方向の張りが一定であり(典型的には約20度)、厚さが種々である弧状の低炭素鋼片であり、それから、任意の許容軸線方向および方位方向場所で、任意の厚さのシムを構成できる。シムを付着する手順は、磁界を測定し、各許容場所におけるシムの厚さを予測し、シムを孔の中に入れ、磁界を再び測定し、各場所における厚さの変化(典型的には既存のシム厚さのほんの一部)を予測することで典型的に構成される。磁界が仕様内になるまでこの作業をくり返す。

【0005】不幸なことに、理想的なコイル位置の予測される妥当な乱れを生じさせられることがあるいくつかの磁界は、内部受動シムだけでは求められている仕様内へシムを施すことはできない。その理由は、内部受動シムが生ずることができる磁界の形が限られ、しかも、磁界の修正には、内部シムが低温槽の間のスペース内にある時だけ、それらのシムにより生ずることができる磁界の形を必要とするからである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このことから、低温槽の半分の間の領域の使用を避けながら、数が増えた磁界の形を提供する、側方接近MR (MRT) 磁石用の受動的にシムを施す組立体が求められている。本発明の目的は、以下の説明から当業者にとって明らかな態様でそれらの需要を充たすことである。

【0007】

【課題を解決するための手段】一般的にいえば、本発明は、主磁界コイルと、互いに所定距離だけ離れて配置され、第1の側方と第2の側方をおのおのが有する少なくとも2つのトロイドを有する低温槽と、各前記トロイドの第1の側方と第2の側方の上にほぼ配置される複数の受動シム場所とを備える受動的シムを施される側方接近画像発生磁石を提供することにより、それらの需要を充たすものである。

【0008】ある好適な実施例においては、第1の側方と第2の側方はそれぞれ低温槽の孔と外径とである。また、外部受動シムを外径へ固着することも好ましい。最後に、内部受動シムは孔から除去することができる。別の好適な実施例においては、本発明により、達成される磁界の形を増すことができ、バックアップ法として修正コイルに頼ることなしに、側方接近磁石にシムを施すことができる。

【0009】本発明の好適な受動シム磁石により、組立および修理が容易、磁界の形の増大、経済的、安定性大、耐久性大、画像発生ボリュームの不均一性低下、安全のための高い強度等の利点が得られる。実際に、多くの好適な実施例においては、磁界の形や不均一性というような要因は、MR磁石用の従来のシムを施される組立体で達成されるものよりもかなり高い程度に最適にされる。

【0010】

【実施例】受動的にシムを施されたMRT磁石2が示されている図1を参照する。この磁石2は通常の側方接近低温槽4を含む。この低温槽は、従来の超電導コイル6, 8, 10と、主磁界5と、1組の外部受動シム場所12と、1組の内部受動シム場所14と、画像ボリューム16とを有する。シム場所12と14は、従来の受動シム13と15をそれぞれ低温槽4の上に置くことができる場所を示す。シム13, 15は'611特許における受動シムと同様に構成することが好ましい。

【0011】本発明の要点は、孔内の場所(内部受動シム15)へ、低温の外径上の場所(外部受動シム13)を付加することである。外部シム13により発生された磁界の形18は、図2に示すように、内部シム15により発生された磁界の形20とは大きく異なる。矢印Aの向きに沿う軸線方向で、矢印Cの向きに沿う磁界5の向きとは逆の向きに磁化され、したがって矢印Bの向きに沿って、内部シム15により発生された磁界の向きとは逆の向きに外部シム13が磁化されるという事実によ

り、ほぼ「負」の強さの1組のシム場所が得られる。それが欠けていたことが従来の受動シム組立体の欠点であった。修正コイルについては、電流を逆にできるが、受動シム13, 15に対しては、磁化は固定された向きであって、主コイルの磁界に従う。シム15を低温槽4の外径上に置くことができることによる利点は、シム15の磁化が、孔の中のシム13の磁化とは軸線方向逆向きである、という事実にある。

【0012】次に、トロイド形低温槽4の半分が示されている図3を参照する。とくに、低温槽4は外部シム13と内部シム15を含む。シム13はガラス繊維板24へ固着された強磁性体片を含むことが好ましい。シム13が受ける力に応じて、シム13は低温槽4の外側へすべることができるようにして取付けることができ、あるいは固定できる。シム15はシム13とほぼ同様に構成され、強磁性体片26とガラス繊維板28を含む。シム15は、'611特許の内部シムとほぼ同様にして、低温槽4のコアへすべることができるようにして取付けられる。

【0013】このやり方の効果の証明は、与えられた許容シム場所セットと与えられた初期磁界とに対して、磁界の不均一性を与えられたレベルまで低下させるために、最適シム厚さを決定するために線型計画法(LP)を用いる、従来の受動シム法ソフトウェアの試験結果にある。本願出願人の所有する、「磁気共鳴磁石に受動的にシムを施す方法(Method of Passively Shimming Magnetic Resonance Magnet,)」という名称の米国特許第4, 771, 244号('244特許)にそのような従来のソフトウェアが記載されている。内部シム15のみ、または内部シムと外部シム13の両方で、求められている均一性レベルまでMRT磁石2にシムを施す可能性の決定にはいくつかのやり方が用いられる。

【0014】第1に、磁石2で発生できるいくつかの磁界が初期(「処女」)磁界として与えられ、好ましくは'244特許に記載されているプログラムが、MRT磁石2の低温槽の孔の中の内部シム場所だけを用いることを許される。直径30cmの球面の表面をカバーする314点磁界マップ上で典型的に求められている3ppmの不均一性がそのプログラムへ与えられる。実際には、このボリュームを7ppmまでシムしたいが、全ての非理想的なものを考慮した時は、磁石2を希望のレベルまで実際にシムするためには2倍またはそれ以上の「安全」係数を求めることが好ましい。

【0015】従来の遮へいされていない何個かの磁石からと、従来の遮へいされている何個かの磁石から測定された磁界にLPプログラムを適用した。遮へいされていない全ての磁界はシム可能であったが、遮へいされている磁界は、内部シムの切り捨てられたセットではいずれも求められている不均一性へ到達できるようにはできな

かったことが判明した。孔全体に沿う受動シムの全セットが従来の遮へいされた磁石にシムするために利用できるようにされると、求められている不均一性が達成された。これは、切り捨てられた内部シムだけが本発明の3 ppm 目標を達成できるという性能について、いくらかの疑いを生じさせる。

【0016】他の種類のMR磁石からの実際の測定された磁界を用いることは有用であるが、磁石主コイル6, 8, 10は、ともに6コイル、円筒形低温槽磁石である従来の遮へい磁石および非遮へい磁石における空間位置とは、ものすごく異なる空間位置にある。本発明により発生された磁界は従来の磁石で発生されたものとは異なる形を有するから、本発明の磁界を用いるある研究を示す。主コイル6, 8, 10の理想的な磁界は3 ppm より十分下の一様性を有するから、通常の擾乱解析が主コイル場所に適用される。その解析においては、主コイル6, 8, 10は種々のモードで変形されている、または空間的に変位されていると仮定した。これは製造中に実際に起こりがちである。その結果としての磁界の誤差を決定し、シムを施す必要があるサンプル処女磁界として理想的な磁界に重畳した。

【0017】適用された従来の主コイル擾乱は、1つの主コイル（軸対称性を維持し、誤差として軸対称磁界調波を生ずる）の軸方向および半径方向のオフセットと、主コイルの循環性を維持する1つの主コイルの横方向変位と、主コイルの軸線を磁石の中心に維持する1つの主コイルの長円化とを含んでいた。それら従来の擾乱により発生された磁界は、12~300 ppm（変形のモードと大きさにより異なる）の範囲の初期の磁界不均一度から求められている3 ppm の磁界の不均一度まで修正することは、内部受動シム15だけではシムできず、達成可能な均一度は7~100 ppm であることが判明した。

【0018】2つの低温槽4のおおのの外径に外部シム場所12をいくつか付加することにより、それらの同じ擾乱を受けた磁界をあらゆる場合に3 ppm の仕様まで

シムできた。許容シムセットに対するこの変更も、切り捨てられた内部セットではシムできなかった従来の遮へいされた磁界についてもテストした。その結果、それらの磁界も3 ppm 仕様までシムできることが判明した。それらのテストで用いた許容軸線方向シムの数は、(7)各低温槽半分における内部シム場所14、(6)Z+低温槽半分における外部シム場所12、(5)Z-低温槽半分における外部シム場所12、であった。許容方位場所の数は12であった（図3参照）。外部シムに対する軸線方向場所12の数が非対称的である理由は、単に、LPプログラムが25個の許容シム場所に対して作成されており、そのうちの11個が低温槽の半分の間のスペースにより除外されているためである。そのスペースは典型的には側方接近MR磁石により形成される。したがって、それらの11個のシム場所は外部シム場所12へ割当てられ、そのうちの6個が低温槽の一方の半分へ割当てられ、5個が別の半分へ割当てられる。Z-低温槽半分へ6個のシム場所を付加すると、達成可能な均一性に対しておそらく小さい有利な影響を及ぼすであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の利用可能および利用不能な内部受動シム場所および外部受動シム場所の略図である。

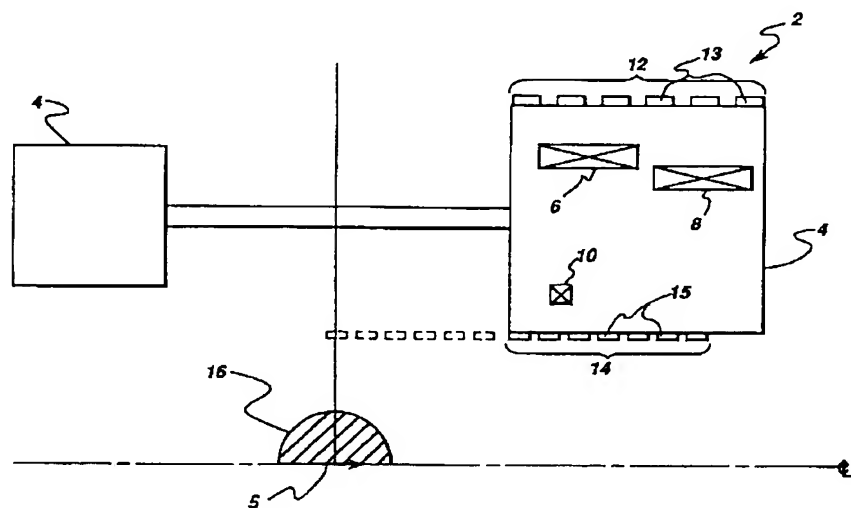
【図2】本発明の内部と外部の受動シムの磁化と、それらのシムにより発生された磁界の略図である。

【図3】引出しの上に配置されている内部シムと、外部シムとを示す1つの低温槽の斜視図である。

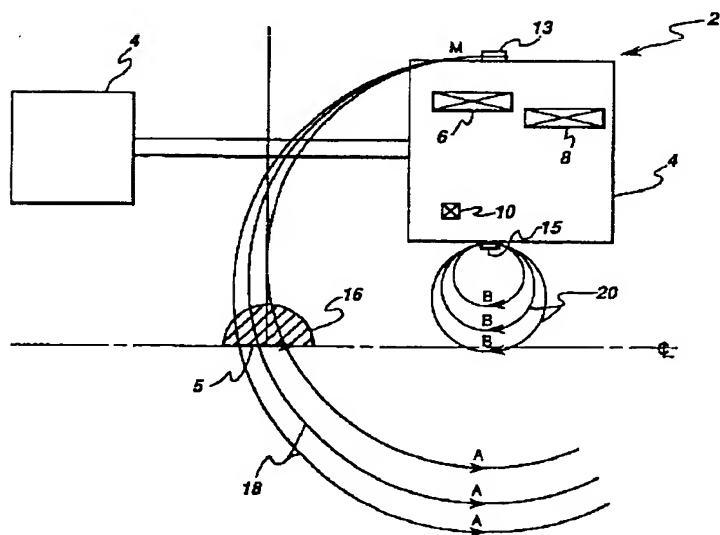
【符号の説明】

- 2 MRT磁石
- 4 低温槽
- 6, 8, 10 コイル
- 12, 14 シム場所
- 13, 15 シム
- 22, 26 強磁性体片
- 24, 28 ガラス繊維板

【図1】



【図2】



【図3】

